

电焊机节电技术

节电技术丛书



江西科学技术出版社

节电技术丛书

电焊机节电技术

杨应群 陈晓华 主编

江西科学技术出版社出版

(南昌市新魏路)

江西省新华书店发行 江西印刷公司印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.875 插页 1 字数 16 万

1986年11月第1版 1986年11月第1次印刷

印数 1—3,000

统一书号: 15425·14

定价: 1.14元

内 容 提 要

本书是“节电技术丛书”中的一本。书中以提高电焊经济效益为目标，介绍了各种焊机的节电途径、节电方法、节电线路及适用范围。重点阐述了应用最为广泛的交流弧焊发电机的节电线路的分析计算。对其他焊机的节电技术改造也做了相应的简要说明。

读者对象：从事节电工作的技术人员和具有高中以上文化程度的电焊工人。

前 言

电力是重要的能源，节电是节能的一项重要内容。随着工农业生产的飞跃发展，人们生活水平的迅速提高，电力负荷将与日俱增，电力供需矛盾将会异常突出。这就迫使广大厂矿企业的节电技术改造势在必行。为适应这种形势，推动节电工作，我们编写了这套节电技术丛书，以满足广大电力工作者的需要。

这套丛书现有《功率因数补偿节电技术》、《电动机节电运行》、《交流接触器无声节电运行》、《电焊机节电技术》四册。有关其他方面的节电技术，以后将根据需要陆续出版。

本丛书的作者，多数是工作在节电第一线的工程技术人员，在长期的实践中，对于节电技术的理论、计算和应用，节电装置的设计、运行和维修，进行了摸索和探讨，并试图总结出一套既有理论又有实践，适合我国厂矿企业应用的节电技术资料。但是，由于条件和水平的限制，本丛书要达到这个目的，仍有很大距离，至于错误之处，更是难以避免。为此，恳请广大读者批评指正，以期不断提高和完善。

本丛书由杨应群、陈晓华主编。参与编写工作的有刘立于、艾起贵、曾军文、王令老、尚宣文、胡刚、吴永福、肖昌极、张秉政、赵凌云、李建。负责审校的是雷良钦、王雨苍、钱梓弘、胡师铨、季国瑜、周世和、曾宪炳等。本册主要由龚秋声编写。

在丛书编写过程中，承蒙江西省科学技术委员会、江西省科学技术情报研究所、江西省经委三电办公室和南昌市三电办公室等单位，以及袁居仁、宗瑞云、邓仁和、何青邦、潘刚、王宪章等同志大力支持和热情帮助，在此一并致以谢意。

编 者
1984年12月

目 录

第一章 概述	(1)
§1—1 电焊机的种类	(1)
§1—2 弧焊机的结构原理	(2)
一、综述	(2)
二、交流弧焊变压器	(3)
三、直流弧焊发电机	(9)
四、直流弧焊整流器	(16)
§1—3 电阻焊机	(19)
§1—4 焊接过程中的主要节能途径	(19)
一、焊接中的节能因素	(20)
二、电焊机的节能途径	(23)
三、电焊机耗能分析	(26)
第二章 交流弧焊机的节电运行	(35)
§2—1 交流弧焊机的空载节电运行原理	(35)
§2—2 交流弧焊机的空载节电线路	(39)
一、切断交流弧焊变压器初级电源的节电线路	(39)
二、降低交流弧焊变压器初级电压的节电线路	(50)
§2—3 提高交流弧焊机功率因数节电技术	(102)
一、供电线路损耗的计算	(104)
二、变压器本身损耗的计算	(106)
三、交流弧焊机功率因数的测量	(108)

四、交流弧焊机无功补偿容量的计算	(109)
五、交流弧焊机无功功率经济当量的计算	(111)
六、电容补偿式交流弧焊机的节电线路	(112)
§ 2—4 交流弧焊机的遥控装置	(124)
一、调节棒控制的遥控调流线路	(124)
二、电缆控制的遥控调流线路	(135)
第三章 直流弧焊发电机的节电运行	(137)
§ 3—1 直流弧焊发电机的空载节电运行原理	(137)
一、拖动直流弧焊发电机的三相异步电动机节电途径	(137)
二、直流弧焊发电机的节电原理及途径	(138)
§ 3—2 电动式直流弧焊发电机空载自停节电线路	(140)
一、晶体管式空载自停节电线路	(140)
二、机电式空载自停节电线路	(144)
§ 3—3 电动式直流弧焊电动机的降压节电运行	(151)
一、直流弧焊发电机组中三相异步电动机的星—角转换节电 原理与计算	(152)
二、电动式直流弧焊发电机星—角转换节电线路	(160)
三、直流弧焊发电机组中三相异步电动机的串接可控硅降压 节电原理与线路	(173)
§ 3—4 电动式直流弧焊机励磁降压节电运行原 理和线路	(177)
一、励磁降压节电原理	(177)
二、励磁降压节电线路	(180)
§ 3—5 提高电动式直流弧焊机的功率因数	(193)
一、电动式直流弧焊机补偿电容量的计算	(195)
二、电动式直流弧焊机电容补偿节电线路	(197)
三、采用综合形式的节电线路	(200)

第四章 直流弧焊整流器和电阻焊机的节电运行.....	(201)
§4—1 直流弧焊整流器的节电线路.....	(201)
一、切断整流式直流弧焊机电源的节电线路	(201)
二、降低整流式直流弧焊机电压的节电线路	(204)
§4—2 电阻焊机的节电运行	(209)

第一章 概 述

§1—1 电焊机的种类

电焊机品种规格繁多,分类方法也多种多样。如按焊接热源分类,可分为直接利用电能作为焊接能源的焊机和非直接利用电能的焊机。前者称为电焊机,后者称为特种焊接设备(如激光焊接机等)。其他还可按结构型式、电极类型、送丝方法、电源类别和焊接方式等特征来进行分类。

电焊机若按电焊时发热原理分类,有电弧焊机和电阻焊机两大类型。前者是通过电弧产生的热量熔化工件结合处而实现焊接的;后者是以大电流通过工件结合处的接触电阻产生的热达到塑熔并加压而实现焊接的。这两类焊机应用最广泛。除此之外,尚有采用其他新能源或新焊接原理的焊接设备,如爆炸焊机、摩擦焊机、超声波焊机、电渣焊机、电子束焊机、钎焊机、冷压焊机、高频电阻焊机等。

弧焊机中的手工弧焊机是应用得最多的焊机,其次是埋弧焊机、气体保护弧焊机、等离子弧焊机等。手工弧焊机若按电源分类,可分为交流弧焊电源和直流弧焊电源两种类型。交流弧焊电源一般常用的是交流弧焊变压器。直流弧焊电源又分为弧焊整流器和弧焊直流发电机。直流发电机若按其动力分类,又可分为异步电动机拖动的直流弧焊电动发电机和直流弧焊柴

(汽) 油发电机两类。后者是供给无电源地区作直流弧焊焊接的设备。

§1—2 弧焊机的结构原理

一、综述

电弧具有负阻效应，因此焊接对弧焊电源除了有与对一般电源相同的要求之外，对不同的弧焊电源还有不同的要求，弧焊电源以其结构形式可分为三大类：交流弧焊变压器，直流弧焊整流器和直流弧焊发电机。它们可以是单头的，也可以是多头的。单头的是指其输出仅供给一个焊接电弧；多头的是指其输出能同时供给两个以上焊接电弧。各类弧焊电源的特点和适用范围见表 1—1。

表1—1 各种弧焊电源的特点和适用范围

电 源 类 型	交流弧焊变压器	直流弧焊整流器	直流弧焊发电机
输出及电弧特点	输出为交流的下降外特性 电弧的稳定性较差，但磁偏吹现象很少产生	输出为直流或直流脉冲，其外特性可以是平的或下降的 有磁偏吹现象	输出为直流，其外特性可以是平的或下降的 磁偏吹现象较明显
运 行 特 点	大多数为单相电源，功率因数较低，空载损耗小，噪声较小，维修简易	大多数接三相电网，空载损耗较小，维修比弧焊变压器复杂	大多数接三相电网，空载损耗较大，噪声大，维修比弧焊变压器复杂
适 用 范 围	一般焊接结构的手工电弧焊（常使用酸性焊条），铝合金的钨极氩弧焊、埋弧焊	较重要焊接结构的手工电弧焊（常使用碱性焊条） 各种埋弧焊及气体保护弧焊	

二、交流弧焊变压器

交流弧焊变压器的电原理图如图 1—1 所示。它是由变压器 B 和可变电抗器 L 组成。若变压器 B 本身做到漏抗很大，并且可以调节，则可不必用可调电抗器 L。因此，交流弧焊变压器可分为串联电抗器式和增强漏磁式两种类型。

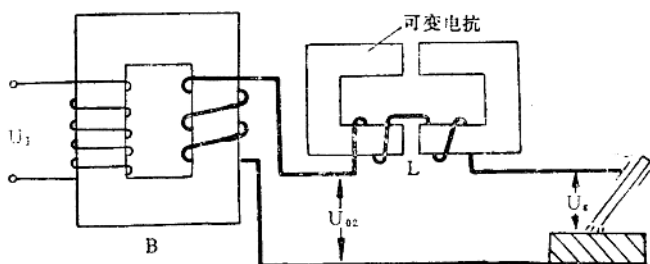


图 1—1 交流弧焊变压器的原理图

由于交流弧焊变压器一般都用可变电抗作电流调节，因而功率因数都较低，一般只在 0.5~0.6 之间，但交流电流过零时电压瞬时值较高，有利于交流电弧的稳定燃烧。根据电弧负载的特点，弧焊变压器的功率因数

$$\cos \varphi = \frac{1}{\eta} \cdot \frac{0.9 U_1}{U_{02}} \quad (1-1)$$

式中： η —变压器的效率；

U_{02} —变压器空载电压（伏）；

U_e —电弧电压（伏）。

若忽略变压器的励磁电流 I_0 ，图 1—1 的等效电路可如图 1—2 所示。图中 X_s 为串联的可变电感 L 的电抗， r_1' 、 r_2 和 X'_{s1} 、 X_{s2} 各为变压器初级（等效到次级）和次级线圈的电阻和漏电抗。当变压器的初次级等效漏抗 $X_t = X'_{s1} + X_{s2}$ 较大，并

且可调时, 电感 L 不用, X_3 等于零。这就是增强漏磁式交流弧焊变压器的等效电路。

由于交流弧焊变压器初级漏抗一般都远大于其电阻, 因此一般电阻可忽略不计, 假定工作电压 U_0 为正弦波形时, 可得交流弧焊电压 U_r 和电流 I_h 的关系式

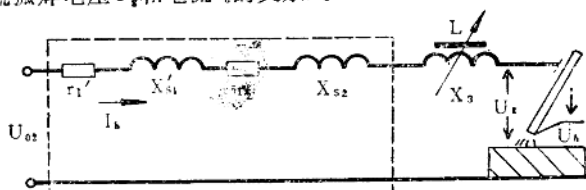


图1—2 交流弧焊变压器的等效电路（励磁不计时）

$$U_r = \sqrt{U_{02}^2 - I_h^2 (X_s + X_3)} \quad \text{或}$$

$$I_h = \frac{\sqrt{U_{02}^2 - U_r^2}}{X_s + X_3} \quad (1-2)$$

考虑到电弧电压为矩形波而引起的电流波形畸变时, 弧焊电流 I_h 可修正为

$$I_h = \frac{\sqrt{U_{02}^2 - 1.17 U_r^2}}{X_s + X_3} \quad (1-3)$$

按关系式(1—3), 将调节电流的方法列于表1—2,

表1—2 弧焊变压器电流调节方法

可变参数	调节原理关系式	调节方法
U_{02}	$U_{02} = U_1 \cdot \frac{N_2}{N_1} K_m$ (K_m 耦合系数)	改变变压器初次级匝数 N_1 、 N_2 或耦合系数 K_m , 但最高空载电压 ≤ 80 伏
X_3	$X_3 = \frac{\omega N_2^2}{R_m}$ (R_m 为磁阻)	改变电抗器线圈匝数 N_2 , 或调节电抗器铁芯气隙, 改变磁阻 R_m 亦可用饱和电抗器变化 R_m
X_s	$X_s = X'_{s1} + X_{s2}$	改变变压器的漏磁状态来实现

根据交流弧焊变压器的上述电流调节方法，可以设计多种结构的交流弧焊变压器，现简述如下：

(一) 动铁式交流弧焊变压器：有分体式交流弧焊变压器和同体式交流弧焊变压器两类。

1. 分体式交流弧焊变压器：由一个平外特性主变压器和一个或几个可调气隙的铁芯电抗器组成。主变压器获得所需要的空载电压，其结构与一般干式单相变压器相同。可调气隙铁芯电抗器用以调节焊接电流，其常用形式如图 1—3 (a)、(b) 所示。多头弧焊机多采用这种结构，它公用一只主变压器。

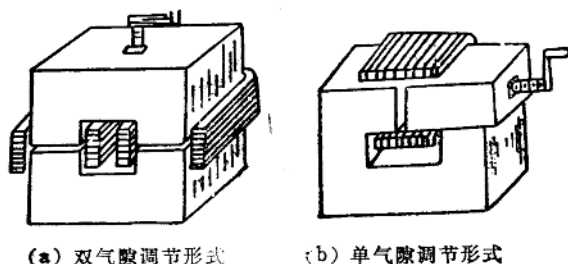


图 1—3 可调气隙铁芯电抗器示意图

2. 同体式交流弧焊变压器：其原理如图 1—4 所示。它是将变压器和电抗器两者合为一体，它们之间有一公共磁轭。电抗线圈 3 和次级线圈 2 反极性串接，当它们的匝数相同时，有

$$\Phi_c = \Phi_2 \cdot \frac{U_c}{U_2} \quad (1-4)$$

式中： Φ_c —公共磁轭磁通；

Φ_2 —变压器铁柱磁通。

因为 $U_c > U_2$ ，由式 (1—4) 可知公共磁轭磁通不会大于变压器铁柱磁通，因此可以不增加磁轭的尺寸，使其总体积和

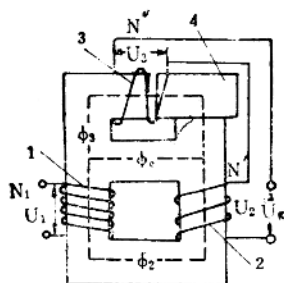


图 1—4 同体式交流弧焊变压器原理图

1. 初级线圈 2. 次级线圈
3. 电抗线圈 4. 可调铁芯

重量比分体式结构小和轻。它一般使用在容量较大的埋弧焊机电源。

（二）饱和电抗式交流弧焊变压器：由平外特性主变压器和串联饱和电抗器组成。用调节电抗器中直流偏磁来调节焊接电流，从而达到调节电流的目的。其原理如图 1—5 所示。一般都用在要求较高的钨极氩弧焊机中。

（三）动铁式交流弧焊变压器：用可移动的铁芯为磁分路，以铁芯的不同位置改变变压器初、次级线圈的漏抗，从而

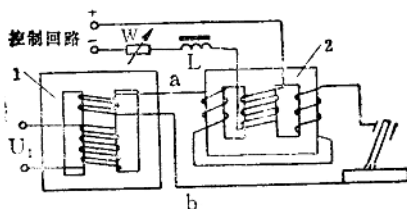


图 1—5 饱和电抗器式交流弧焊变压器原理图

1. 主变压器 2. 饱和电抗器

调节焊接电流。动铁芯全部移入时漏抗最大，全部移出时漏抗最小。其结构原理如图 1—6 所示。它结构紧凑，体积小，较经济，一般用于手工交流弧焊电源。

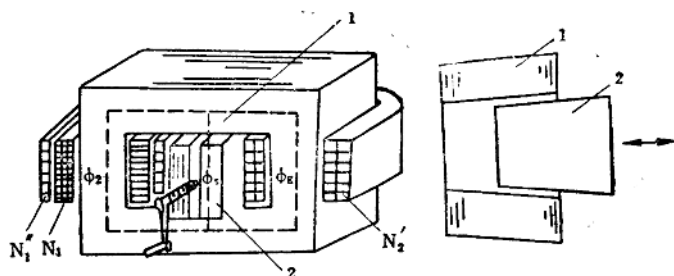


图 1—6 动铁式交流弧焊变压器电磁结构原理图

1. 定铁芯 2. 动铁芯

（四）动圈式交流弧焊变压器：采用变压器初、次级线圈之间的距离来改变漏抗，以调节焊接电流。其电磁结构原理如图 1—7 所示。这种交流弧焊变压器焊接电弧稳定性较好，多用于手工交流弧焊电源。

（五）抽头式交流弧焊变压器：这种弧焊变压器结构简

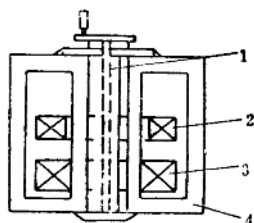


图 1—7 动圈式交流弧焊变压器电磁结构原理图

1. 副绕组调节机构 2. 可动的副绕组
3. 固定的原绕组 4. 铁芯

单，其初、次级线圈分别绕在两个芯柱上，采用更换抽头的方法来改变漏抗，调节焊接电流。其原理如图 1—8 所示。图中

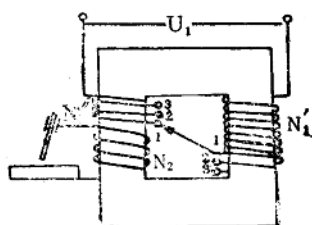


图 1—8 抽头式交流弧焊变压器原理图

位置 1 漏抗小，焊接电流大，而位置 3 漏抗大，焊接电流小。由图 1—8 可知焊接电流是有级调节的，它一般做成小型手提式交流弧焊电源，适用于小型修配站使用。其特点是体积小，重量轻，持续率低。

(六) 其他形式的交流弧焊变压器：它包括图 1—9 所

示的磁饱和式磁分路交流弧焊变压器，以及多种多样的电子变换和控制的交流弧焊变压器。图 1—9 所示的交流弧焊变压器，其中间铁芯柱作磁分路，控制线圈 3 中的直流电流的大小，决定其饱和程度，控制电流是由与初级紧密耦合的线圈 4 取得交流电，经整流管 D 整流之后，由电阻 R 来调节、控制磁分路作用的强弱，以调节焊接电流的大小。

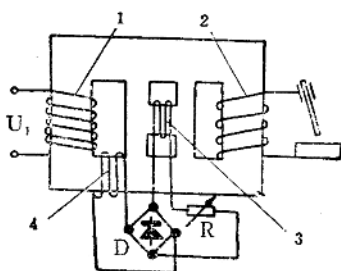


图 1—9 磁饱和和磁分路式交流弧焊变压器原理图

1. 初级线圈 2. 次级线圈 3. 控制线圈 4. 辅助线圈

常用交流弧焊变压器主要技术数据及用途见表 1—3。由表 1—2 可知，交流弧焊变压器主要用于手工弧焊电源。其特点是结构简单，造价低，但功率因数很低。为了提高焊机的功率因数，可以增设补偿电容，以便减少其供电线路的损耗。

三、直流弧焊发电机

直流弧焊发电机的特点是过载能力强，输出脉动小，受电网电压波动的影响小。它具有引弧方便、电弧稳定、焊接质量好等优点。但由于制造工艺复杂、成本高、噪音大、效率低、空载损耗大、维修不方便等缺点，电动式直流弧焊发电机将被直流弧焊整流器所逐渐取代的趋势。

直流弧焊发电机是一种特殊直流发电机。它具有调节器和指示器。调节器用来调节所需的输出焊接电流范围，指示器用来指示输出电流数值。

直流弧焊发电机按其拖动形式有电动机拖动和柴(汽)油发动机拖动两类。广为应用的是用三相异步电动机拖动的直流弧焊发电机组。它们也叫做旋转式直流弧焊机。

(一) 直流弧焊发电机的原理：直流弧焊发电机的原理可按一般直流发电机的原理进行分析，其外特性方程为：

$$U_g = E - I_b \Sigma R = K_c \Phi - I_b \Sigma R \quad (1-5)$$

式中：E—发电机的电动势；

ΣR —发电机的内阻；

K_c —常数，约等于空载电压 U_0 与气隙有效磁通的比值；

Φ —有载时气隙有效磁通， $\Phi = f(F_c, F_a, F_{aq}, F_{ad})$ ，

其中 F_c 为他励或并励磁动势， F_a 为串励磁动势，

F_{aq} 为电枢反应的交轴去磁磁动势， F_{ad} 为电刷顺电枢旋转方向偏离几何中心线时的直轴等效去磁磁动势。